

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2001-78487  
(P2001-78487A)

(43)公開日 平成13年3月23日(2001.3.23)

(51)Int.Cl.

識別記号

F I

データ(参考)

H 0 2 P 6/20  
6/16

H 0 2 P 6/02

3 2 1 K 5 H 5 6 0  
3 2 1 N

審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 8 頁)

(21)出願番号

特願平11-252662

(22)出願日

平成11年9月7日(1999.9.7)

(71)出願人 390008235

ファナック株式会社

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地

(72)発明者 豊沢 雪雄

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地  
ファナック株式会社内

(72)発明者 園田 直人

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地  
ファナック株式会社内

(74)代理人 100082304

弁理士 竹本 松司 (外4名)

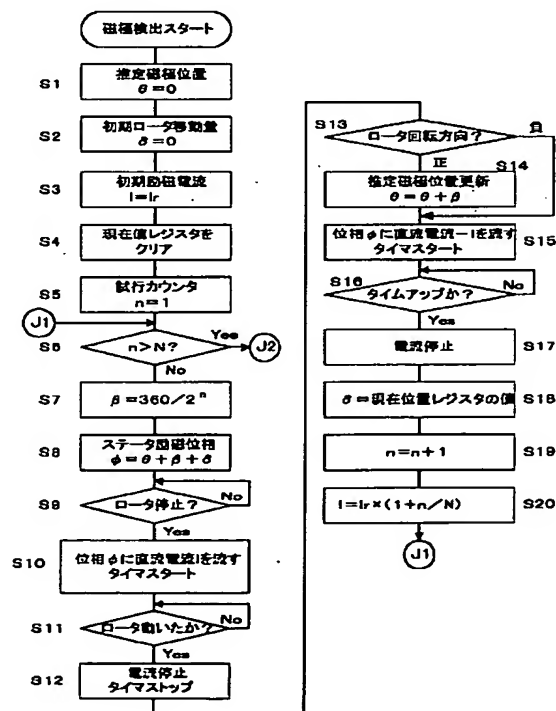
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 同期電動機のロータ磁極位置検出方法

(57)【要約】

【課題】 ロータの移動が少なく、簡単にかつ安全にロータ磁極位置を検出できる同期電動機のロータ磁極位置検出方法を得る。

【解決手段】 最初は180度の励磁位相に直流電流を流しロータが回転すると止める(S1~S12)。正回転ならロータ磁極位置は180度~360度の領域にあり、その始点180度を推定磁極位置 $\theta$ とする。負の回転であれば、磁極位置は0度~180度の領域にあり、その始点0度を推定磁極位置 $\theta$ とする(S13, S14)。逆電流を流しロータを元の位置に戻す(S15~S17)。検出領域の幅の1/2の位相量 $\beta$ (今回は90度となる)を推定磁極位置に加算し、励磁位相とする。以下、同様の処理を行い、磁極位置の存在すると推定される領域を順次狭める。繰り返し行い、磁極位置が存在する領域幅を90、45、25、5...と小さなものとする。ロータを格別移動させずに磁極位置を検出できる。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 磁極を配したロータと、励磁巻線を施したステータと、ロータ位置を検出するセンサからなる同期電動機において、(1)ステータの所定励磁位相に電流を印加する工程、(2)前記電流の印加によるロータの移動方向を得る工程、(3)得られた移動方向に基づいてロータの磁極位置を推定する工程、(4)前記ロータの推定磁極位置に基づいて次回に電流を印加する所定励磁位相を特定する工程、(5)前記(1)～(4)の工程を繰り返す工程によりロータの磁極位置を検出する同期電動機のロータ磁極位置検出方法。

【請求項2】 前記(5)の繰り返す工程により最終的に得られたロータ磁極位置から、そのときセンサで検出されるロータ位置との差を不揮発性メモリに書き込む工程を含む請求項1記載のロータ磁極位置検出方法。

【請求項3】 前記(3)の工程では、ロータ移動方向に基づいて、電流を印加した励磁位相で2分割された位相領域によってロータ磁極位置を推定し、前記(4)の工程では、ロータ磁極位置があると推定された位相領域をさらに分割する所定励磁位相を特定し、前記(1)～(4)の工程を繰り返すことによって、ロータ磁極位置があると推定される位相領域を順次狭めることによって最終的にロータ磁極位置を検出する請求項1又は請求項2記載の同期電動機のロータ磁極位置検出方法。

【請求項4】 前記工程(2)の後に、工程(1)での電流印加の逆極性の電流を所定励磁位相へ印加する請求項1乃至3の内1項記載の同期電動機のロータ磁極位置検出方法。

【請求項5】 前記ロータ磁極位置の検出中に移動したロータ移動量を補正量として前記推定ロータ磁極位置に30加算する請求項1乃至4の内1項記載の同期電動機のロータ磁極位置検出方法。

【請求項6】 前記所定励磁位相への印加電流値は繰り返し時点で変化させる請求項1乃至5の内1項記載の同期電動機のロータ磁極位置検出方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、NC装置で制御される工作機械、産業機械、ロボット等の各種機械、装置の駆動源として使用される同期電動機のロータ磁極位置検出方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】同期電動機においては、ロータ磁極位置に対して、ある角度(電気角90度)を持ったステータ励磁位相に電流を流すことによってトルクを発生させることができるものである。このロータ磁極位置に対して90度の角度を持つようにステータ励磁位相を励磁するには、ロータ磁極位置とステータ励磁位相との位置関係を知る必要がある。通常この磁極位置検出は電動機のロータに取り付けられたエンコーダやレゾルバなどのセン

2

サにより検出している。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】この磁極位置検出には、ロータの絶対位置が必要なため、高価なエンコーダやレゾルバなどが必要になる。また、センサを電動機に取り付ける際、センサと電動機の磁極位置との位置合わせが必要となるが、この位置合わせが難しく、結果的に電動機の生産効率を悪化させ、コストがかかるという問題がある。

【0004】この問題を解決する方法として、従来ステータ励磁位相の0度に直流電流を流して、ロータが停止したところをロータの磁極位置とする検出方法が採用されていた。しかし、この方法は検出時にロータが任意の方向に電気角で最大180度動いてしまうため、電動機が機械に取り付けられている状態で行うことは非常に危険であった。

【0005】そこで、本発明は簡単にかつ安全にロータ磁極位置を検出できる同期電動機のロータ磁極位置検出方法を提供することにある。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は、磁極を配したロータと、励磁巻線を施したステータと、ロータ位置を検出するセンサからなる同期電動機におけるロータ磁極位置の検出方法であって、(1)ステータの所定励磁位相に電流を印加する工程、(2)前記電流の印加によるロータの移動方向を得る工程、(3)得られた移動方向に基づいてロータの磁極位置を推定する工程、(4)前記ロータの推定磁極位置に基づいて次回に電流を印加する所定励磁位相を特定する工程、(5)前記(1)～(4)の工程を繰り返す工程によりロータの磁極位置を検出するものである。更には、前記(5)の繰り返す工程により最終的に得られたロータ磁極位置から、そのときセンサで検出されるロータ位置との差を不揮発性メモリに書き込む工程を含むようにする。前記(3)の工程では、ロータ移動方向に基づいて、電流を印加した励磁位相で2分割された位相領域によってロータ磁極位置を推定し、前記(4)の工程では、ロータ磁極位置があると推定された位相領域をさらに分割する所定励磁位相を特定し、前記(1)～(4)の工程を繰り返すことによって、ロータ磁極位置があると推定される位相領域を順次狭めることによって最終的にロータ磁極位置を検出する。又、ロータの移動を少なくするために、前記工程(2)の後に工程(1)での電流印加の逆極性の電流を所定励磁位相へ印加してロータの位置を元の位置に戻すようにする。さらに、前記ロータ磁極位置の検出中に移動したロータ移動量を補正量として前記推定ロータ磁極位置に加算することにより、より正確にロータ磁極位置を求める。ステータ励磁位相とロータ磁極位置の位相が近づくにつれて発生トルクが低下するから、前記所定励磁位相への印加電流値は繰り返し時点で変化させるよう

3

にする。

#### 【0007】

【発明の実施の形態】図1は、本発明を適用した一実施形態のCNC（数値制御装置）で制御される工作機械等のサーボモータ制御システムのブロック図である。符号1はCNCで、プログラム等に基づいて、機械の各軸を駆動する同期電動機で構成されたサーボモータ5への移動指令の分配を行い、共有メモリ2に書き込む、サーボモータを制御するデジタルサーボ回路3は、プロセッサ（CPU）、ROM、RAM、不揮発性メモリ（RAM）で構成され、ソフトウェアによるサーボ制御を行う。デジタルサーボ回路3のプロセッサは、共有メモリ2書き込まれた移動指令と、後述するモータのロータ位置を検出するセンサ（エンコーダ）6からフィードバックされるサーボモータの回転位置、速度で位置、速度のループ制御を行いさらに、フィードバック電流に基づいて電流ループ制御を行ってサーボ制御を行い、電力増幅器4を介して同期電動機で構成されたサーボモータ5を駆動制御する。

【0008】図2は、前記デジタルサーボ回路3が実施するデジタルサーボソフトウェアの所定サンプリング周期毎実施する機能ブロック図である。共有メモリ2を介してCNC1から送られてくる移動指令からセンサとしてのエンコーダ6からの位置フィードバック移動量を減じて位置の偏差を求め、該位置偏差に位置ループゲインを乗じて速度指令を求める位置の制御器10の処理を行い、速度制御器20では、この位置制御器10から出力される速度指令からエンコーダ（センサ）6から速度フィードバック信号を減じて速度偏差を求め、比例・積分制御等の処理を行いトルク指令を求める。電流制御器30では、このトルク指令と電流検出器で検出され、フィードバックされる実電流、さらにセンサのエンコーダ6で検出されるサーボモータ5のロータ位置に基づいて電流ループ処理を行いサーボモータのU、V、W相一の電圧指令を求めインバータ等で構成される電力増幅器4に出力する。電力増幅器4では、前記電圧指令に基づいてサーボモータ5の各相に対する電流を求め各相に流す。

【0009】図3は、前記電流制御器30が従来から実施している処理の機能ブロック図である。速度制御器20から出力されるトルク指令（電流指令）Iに、エンコーダ6で検出されたロータ位置の位相 $\theta_s$ に90度を加算した励磁位相 $\phi$ （37）よりU、V、W相に対するそれぞれ $2\pi/3$ （電気角）ずれた正弦波を乗じて各相の電流指令を求め、該電流指令から電流検出器で検出された各相の実電流 $I_u$ 、 $I_v$ 、 $I_w$ を減じて電流偏差を求め、各相電流制御器38u、38v、38wで比例積分制御等を行って各相指令電圧 $V_u$ 、 $V_v$ 、 $V_w$ を電力増幅器4に出力し、電力増幅器4では、インバータ等でPWM制御を行って各相電流 $I_u$ 、 $I_v$ 、 $I_w$ をサーボモータ5に流し駆動する。

4

【0010】また図4は、d-q変換を行って電流制御を行う従来の電流制御器30の機能ブロック図である。この電流制御器30では、d相の電流指令を「0」とし、q相の電流指令を速度制御器20から出力されるトルク指令Iとする。また、電流検出器で検出される各相の実電流（いずれか2つの相の実電流でよく、図ではU、V相の実電流 $I_u$ 、 $I_v$ ）、エンコーダ6で検出されるロータ位置の位相 $\theta_s$ に90度を加算した励磁位相 $\phi$ （37）に基づいて、3相電流から2相電流に変換する変換器34でd相、q相の電流 $I_d$ 、 $I_q$ を求める。前記各d、q相への指令値からこの変換されたフィードバック電流 $I_d$ 、 $I_q$ をそれぞれ減じて電流偏差を求め、d相電流制御器31、q相電流制御器32で比例積分等の処理を行い、d相指令電圧 $V_d$ 、q相指令電圧 $V_q$ を求め、この2相の指令電圧 $V_d$ 、 $V_q$ より、2相電圧から3相電圧に変換する変換器33で、U、V、W相の指令電圧 $V_u$ 、 $V_v$ 、 $V_w$ を求め、電力増幅器4に出力し、電力増幅器4ではサーボモータ5の各相に流す電流 $I_u$ 、 $I_v$ 、 $I_w$ を求め、この各相電流をサーボモータ5に流し駆動制御する。

【0011】以上のように、同期電動機をサーボモータとして用いるサーボ制御システムにおける電流制御器30では、図3、図4に示すようにエンコーダ等のセンサ6で検出されるロータ位置の位相 $\theta_s$ に90度を加算した励磁位相 $\phi$ に基づいてサーボモータ各励磁相への電圧指令 $V_u$ 、 $V_v$ 、 $V_w$ を求めている。エンコーダ等のセンサ6でロータ位置の位相 $\theta_s$ を検出するには、ステータへの励磁電流の励磁位相基準とエンコーダで検出されるロータ位置が所定位置関係になければならない。

【0012】電流ベクトルをI、磁束ベクトルを $\Phi$ とすると、同期電動機に発生するトルクTは、

$$T = a (I \times \Phi) \cdots \cdots (1)$$

である。なお、aは定数、 $\times$ は外積を意味する。このトルクの大きさは、

$$|I| |\Phi| \sin \alpha \cdots \cdots (2)$$

である。なお、 $\alpha$ は電流ベクトルIと磁束ベクトル $\Phi$ のなす角であり、励磁位相とロータ磁極位置との角度である。そこで従来は、ステータ励磁位相0度に直流電流を流し、ロータを回転させ、ロータの回転が停止した位置、すなわち上記 $\alpha = 0$ または $\alpha = 180$ 度の位置を検出し、励磁位相基準に対するロータ位置を検出していた。しかし、この方法では、上述したように、ロータが最大180度回転するという欠点があった。

【0013】そこで、本発明は、ロータを僅かに移動させるだけで、ステータ励磁位相基準に対するロータ位置を検出する方法を提供するものである。同期電動機を駆動したとき、そのトルクTの大きさは上述したように

「 $|I| |\Phi| \sin \alpha$ 」であり、その回転方向は、電流ベクトルIと磁束ベクトル $\Phi$ のなす角 $\alpha$ で決まる。この角 $\alpha$ が0～180度の区間では、 $\sin \alpha > 0$ で正方

5

向にロータは回転する。また、 $\alpha = 180 \sim 360$ 度では、 $\sin \alpha < 0$ でロータは負方向に回転することになる。これを利用して本実施形態では、まず、ステータ励磁位相  $180$  度に直流電流を流しロータの回転方向を検出する。正方向に回転すれば、ロータ磁極位置（磁束  $\Phi$  の位置）はステータ励磁位相の  $180 \sim 360$  度の領域幅内にあり、負方向に回転すれば、ロータ磁極位置は  $0 \sim 180$  度の領域幅内にあることになる。次にロータ磁極位置がある領域（ $180 \sim 360$  度の領域か、 $0 \sim 180$  度の領域）の中間の励磁位相に直流電流を同様に流し、ロータの回転方向を検出し、ロータの磁極位置のある領域を検出する。以下これを繰り返し、このロータ磁極位置のある領域を順次小さな領域とすることによって、このロータ磁極位置を最終的に検出するものである。

【0014】例えば、ロータ磁極位置がステータ励磁位相  $350$  度にあったと仮定する。まず、 $180$  度の励磁位相に電流を流すと、 $\alpha = 350 - 180 = 170$  となり、 $\sin 170 > 0$  で、ロータは正方向に回転し、ロータ磁極位置は  $180 \sim 360$  度の領域にあることが判別される。次にこの領域を2分する  $270$  度の励磁位相に直流電流を流す。 $\alpha = 350 - 270 = 80$  度で、 $\sin 80 > 0$  でロータは正方向に回転する。これにより、ロータ磁極位置は  $270 \sim 360$  度の領域にあることが判別される。そこで、 $270 \sim 360$  度の領域の中間の  $315$  度の励磁位相に直流電流を流す。この場合も  $\alpha = 35$  で、回転方向は正方向となり、 $315$  度と  $360$  度の中間の  $337.5$  度の励磁位相に直流電流を流す。この場合も  $\alpha = 12.5$  で、正方向に回転するから、 $337.5$  度と  $360$  の中間の  $348.75$  度の励磁位相に電流を流す。この場合も正方向に回転するから、 $348.75$  度と  $360$  度の中間の  $354.375$  度の励磁位相に電流を流す。このとき、 $\alpha = 350 - 354.375 = -4.375$  度となり、 $\sin \alpha < 0$  で、ロータは負方向に回転するので、次に励磁する位相は、 $348.75$  度と  $354.375$  度の領域の中間の  $351.5625$  度の励磁位相に直流電流を流し回転方向を検出する。以下、このようにロータ磁極位置が存在すると判断される領域を順次狭めて、ロータの回転がなくなるまで、もしくは所定回数だけの領域判断を行うことによってロータ磁極位置を求める。

【0015】図5、図6は、本実施形態のデジタルサーボ回路3のプロセッサが実行する磁極位置検出処理のフローチャートである。システムに電源が投入され、CNC1の入力手段から磁極位置検出指令が入力されると、デジタルサーボ回路3のプロセッサは図5、図6の処理を開始する。

【0016】まず、プロセッサは、推定磁極位置  $\theta$  を記憶するレジスタに初期値「0」をセットし、ロータ移動量  $\delta$  を記憶するレジスタに初期ロータ移動量として

6

「0」をセットし、励磁する直流電流  $I$  を記憶するレジスタに初期励磁電流として設定された値  $I_r$  をセットする（ステップS1～S3）。エンコーダ6からの信号に基づいてサーボモータ（同期電動機）5の位置（ロータの位置）を記憶する現在値レジスタの値を「0」にクリアし（ステップS4）、後述するステップS6～ステップS20の処理の繰り返し数を計数する試行カウンタ  $n$  を「1」にセットする（ステップS5）。

【0017】そして、試行カウンタ  $n$  の値が設定されている繰り返し数  $N$  を越えているか判断し（ステップS6）、越えてなければ  $360$  度を  $2^n$  で割って、ロータ磁極位置（磁束位置）が予想される領域の位相幅の  $1/2$  の位相量  $\beta$  を求める。最初は、ロータ磁極位置は電気角  $0 \sim 360$  度の全領域にあることが推定され、試行カウンタ  $n$  は「1」にセットされているから、推定領域の位相幅の  $1/2$  の位相量  $\beta = 180$  度が求められる（ステップS7）。次に、現時点までに推定されている磁極位置（推定領域の一端であり、この実施形態では始点で位相角度が小さい方） $\theta$  に推定領域の位相幅の  $1/2$  の位相量  $\beta$  及びロータ移動量  $\delta$  を加算してステータ励磁位相  $\phi$  を求める（ステップS8）。最初は、 $\theta = 0$ 、 $\beta = 180$  度、 $\delta = 0$  であるから、ステータ励磁位相  $\phi$  は「 $180$  度」として求まる。

【0018】ロータが停止しているか否かを判別し（エンコーダ6からフィードバックパルスが帰還されたか否かにより判別する）（ステップS9）、ロータが停止していれば、ステップS8で求めた励磁位相  $\phi$  にレジスタに記憶する直流の励磁電流  $I$ （最初は設定値  $I_r$ ）を流すと共にタイマをスタートさせる（ステップS10）。

【0019】図7は、このロータ磁極位置検出処理におけるデジタルサーボ回路における  $d-q$  変換して電流制御を行う電流制御の機能ブロック図である。この図7に示すように、トルク指令としてレジスタに記憶する直流電流  $I$  が指令され、励磁位相としてステップS8で求めた励磁位相  $\phi$  が指令されることになる。その他は図4に示す従来の処理と同一であるので、説明は省略する。

【0020】そしてロータが動いたか否かを判別し（エンコーダからフィードバックパルスが帰還されたか否かにより判別する）、ロータが移動したことが判別されると励磁電流を停止し、かつタイマを停止させる（ステップS11、S12）。そして、ロータの回転方向を判別しロータ磁極位置の領域を判別する（ステップS13）。

【0021】前述したように、同期電動機で電流を流したとき発生するトルクの大きさは第2式で表され、そのトルクの向きは、磁束ベクトルと電流ベクトルとのなす角  $\alpha$  が  $0$  度  $\sim 180$  度の間では正（ $\sin \alpha > 0$ ）、 $180$  度  $\sim 360$  度の間では負（ $\sin \alpha < 0$ ）であるから、励磁位相  $\phi = 180$  度に直流電流  $I$  を流して、ロータが正方向に回転したときは、ロータの磁極位置は  $180$

7

0度～360度の領域にある。そこで、この場合には、推定されていた磁極位置 $\theta$  ( $=0$ )に磁極があると推定されていた領域の位相幅の $1/2$ の位相量 $\beta$  ( $=180$ 度)を加算し、新たな推定磁極位置 $\theta$  ( $=180$ )を求める。すなわち、推定磁極位置 $\theta$ として磁極位置が存在すると推定される領域の始点の位相が記憶されることになる。この場合では、ステータ励磁位相 $180$ 度～ $360$ 度の領域にロータ磁極位置があるものと推定されたことから、新たな推定磁極位置 $\theta$ として $180$ 度が記憶される(ステップS14)。

【0022】又、ステップS13で、負方向に回転したと判別された場合には、ロータの磁極位置は $0$ 度～ $180$ 度の領域にあるものであり、このときは、推定磁極位置 $\theta$ は更新せず、ロータ磁極位置があると推定された領域の $0$ 度～ $180$ 度の始点「 $0$ 度」がそのまま記憶される。

【0023】ロータが回転したことから、ロータを元の位置に戻すため、ステップS10で励磁した励磁位相 $\phi$ に今回は極性が逆の直流電流 $-I$ を流しタイマにステップS12で測定した経過時間をセットしてスタートさせ20る(ステップS15)。そしてタイマーがタイムアップすると(ステップS16)、励磁電流を停止する(ステップS17)。すなわち、同じ大きさで極性が逆の励磁電流を同一時間流すことにより、ロータが移動した分、逆方向に移動させロータを元の位置に戻すようにする。

【0024】しかし、ロータを元の位置に戻したとしても、正確に元の位置に戻るとはいえないことから、現在位置レジスタの値を読み出し、その値をロータ移動量 $\delta$ としてレジスタに格納する(ステップS18)。試行カウンタ $n$ を「1」インクリメントし(ステップS19)、次に励磁する直流電流 $I$ の大きさを次の第3式の演算を行い求める(ステップS20)。

【0025】

$$I = I_r \times (1 + n/N) \cdots \cdots (3)$$

本発明においては、直流電流 $I$ を流す位相とロータ磁極位置が一致するように順次近づけるものである。すなわち、磁束ベクトルと電流ベクトルが一致するように両者を近づけるものである。そのため上述した第1式、第2式で示されるように、ロータを回転させるトルクは、直流電流値 $I$ が一定であると、だんだん小さくなってゆく。そのため、本実施形態では、直流電流を励磁する位相を変える(ロータ磁極位置に近づける)毎に、励磁直流電流値 $I$ を大きくするようにしたものである。

【0026】そして、ステップS6に戻り、ステップS6からステップS20までの処理を試行カウンタ $n$ が設定値 $N$ を越えるまで、繰り返し実行する。

【0027】試行カウンタ $n$ が「2」の場合には、 $\beta = 90$ 度となり、1回前の(ステップS)13、S14の処理で更新された推定磁極位置 $\theta$ と、ステップS18で求めたロータ移動量 $\delta$ と、この推定領域幅の $1/2$ の位

8

相量 $\beta$ を加算して今回のステータ励磁位相 $\phi$ が求められる。

【0028】前回の動作でロータが正方向に移動し、ロータ磁極位置が $180$ 度と $360$ 度の領域にあると推定されたときには、上述したように推定磁極位置 $\theta$ は $180$ 度が記憶され、これに推定領域幅の $1/2$ の位相量 $\beta = 90$ 度が加算され $270$ 度となり、それにロータ移動量 $\delta$ が加算された「 $270$ 度 $+\delta$ 」が今回の励磁位相となる。

【0029】又、前回のロータの移動が負方向である場合には、ロータ磁極位置が $0$ 度と $180$ 度の領域にあり、推定磁極位置 $\theta$ は $0$ 度が記憶されている。これに推定領域幅の $1/2$ の位相量 $\beta = 90$ 度が加算され $90$ 度となり、それにロータ移動量 $\delta$ が加算された「 $90$ 度 $+\delta$ 」が今回の励磁位相となる。

【0030】ステータ励磁位相「 $270$ 度 $+\delta$ 」に直流電流 $I$ を流した、ステップS13でロータが正方向に移動したときは、ロータの磁極位置は $270$ 度～ $360$ 度の間の領域にあり、推定磁極位置 $\theta = 180 + 90 = 270$ 度と推定し、負方向に移動したときは、ロータの磁極位置は $180$ 度～ $270$ 度の間の領域にあり推定磁極位置 $\theta = 180$ 度と推定する。

【0031】又、1回目の $180$ 度の励磁位相に直流電流を流し他ときロータが負方向に回転し、次に、ステータ励磁位相「 $90$ 度 $+\delta$ 」に直流電流 $I$ を流し、ステップS13でロータが正方向に移動したときは、ロータの磁極位置は $90$ 度～ $180$ 度の間の領域にあり推定磁極位置 $\theta = 0 + 90 = 90$ 度と推定し、負方向に移動したときは、ロータの磁極位置は $0$ 度～ $90$ 度の間の領域にあり推定磁極位置 $\theta = 0$ 度と推定する。

【0032】以上のようにして、ロータに直流電流を流してロータ磁極位置がある領域を推定し、かつその領域幅を順次小さくし(この実施形態では、この領域幅を $1/2$ に減少させる)、推定磁極位置 $\theta$ を求める。

【0033】この実施形態において、 $n=1$ で、ロータ磁極位置がある領域幅 $\beta$ を $360$ 度の半分の $180$ 度に小さくすることができ、 $n=2$ で $\beta=90$ 、 $n=3$ で $\beta=45$ 、 $n=4$ で $\beta=22.5$ 、 $\cdots$ 、 $n=10$ で $\beta=0.3516$ 、 $n=11$ で $\beta=0.1758$ とすることができる。そして、その領域の始点が推定磁極位置 $\theta$ として求められる。そこで、必要とする精度が得られる程度の設定値 $N$ を設定しておき、必要とする精度の推定磁極位置 $\theta$ を求める。

【0034】かくして、ステップS6で試行カウンタ $n$ の値が設定値 $N$ を越えた場合には、ステップS21に進み、推定磁極位置 $\theta$ にロータの移動量 $\delta$ を加算して最終的な推定磁極位置 $\theta$ を求める。そして、現在位置レジスタをクリアし、ロータを一回転位置信号が検出されるまで負方向に回転させる(ステップS22、S23)。一回転位置信号が検出されるとロータの回転を停止させ、

9

現在位置レジスタから移動量 $\epsilon$ を読みとる（ステップS 24）。

【0035】図9（a）、（b）は、このステップS 22～ステップS 24の処理の説明図である。ステップS 21までの処理でステータの励磁位相におけるロータの磁極位置（磁束位置） $\theta$ が求められている。すなわちステータの励磁基準（電気角「0」）から見て $\theta$ の位相位置にロータ磁極位置があるとして求められている。このとき、図9（a）に示すように、エンコーダ6の原点、すなわち、エンコーダ6のステータ側に取り付けられロ 10ータ位置を検出する位置と、ロータ側に取り付けられたエンコーダの回転盤上の一回転信号位置とが正方向に $\epsilon$ だけずれているものとする。

【0036】そこで、一回転位置信号が検出されるまでロータを負方向に回転させると、現在値レジスタの値が移動量 $\epsilon$ に達したとき、図9（b）に示すように、一回転位置信号が検出される。このとき、ロータ磁極位置とステータの励磁基準との誤差は $(\theta - \epsilon)$ である。すなわちエンコーダでロータ位置「0」を検出した際には、磁極位置は励磁基準に対して位相 $(\theta - \epsilon)$ の位置にあ 20ることを意味する。なお、エンコーダ6が符号を含めて移動量を検出するものであれば、この移動量と推定磁極位置 $\theta$ を加算して上記誤差を求めればよい。

【0037】そこで、上記誤差 $(\theta - \epsilon)$ を計算し補正量 $\theta_{amr}$ として不揮発性メモリに書き込み（ステップS 25、S 26）、この磁極位置検出処理は終了する。

【0038】そして、通常のサーボモータの制御の場合には、この不揮発性メモリに記憶された補正量 $\theta_{amr}$ をエンコーダ6で検出される位置 $\theta_s$ に加算した値が励磁位置として検出されることになる。 30

【0039】図9（c）は、通常のモータ駆動において励磁位相を求める処理の説明図である。エンコーダ6で $\theta_s$ を検出した場合には、この検出値 $\theta_s$ にメモリに記憶する上記補正量 $\theta_{amr}$ を加算することによって、ステータ励磁基準に対するロータ磁極位置 $(\theta_s + \theta_{amr})$ が求まり、これに「90度」を加えた $(\theta_s + \theta_{amr} + 90)$ が励磁位相 $\phi$ として求められることになる。

【0040】図8は、本発明によって求められた補正量 $\theta_{amr}$ を用いて、d-q変換を行って電流制御する場合の機能ブロック図である。この図8と図4に示す従来例 40との相違は、励磁位相 $\phi$ が $(\theta_s + \theta_{amr} + 90)$ となっている点のみである。他は図4の処理と同一であるのでその説明は省略する。

【0041】なお、上述した実施形態ではロータの位置を検出するセンサとしてインクリメンタル型のエンコーダ6を用いたが、絶対値検出器を用いれば、ステップS 21で磁極位置 $\theta$ を求めたとき絶対位置検出器で位置 $\epsilon$ が検出されることになるから、この検出位置 $\epsilon$ をステップS 21で求めた磁極位置 $\theta$ から減じた値 $(\theta - \epsilon)$ を補正量 $\theta_{amr}$ として記憶すればよい。 50

10

【0042】又、本発明は、ロータをできるだけ移動させずロータの磁極位置を検出するものであり、そのために上述した実施形態ではロータを僅か移動させるものである。しかし、同期電動機にトルクセンサを取り付けておき、所定励磁位相に直流電流を流したとき発生するトルク方向を検出し（この場合ロータは回転する必要はない）、このトルク方向によって、ロータ磁極位置を検出するようにしてもよい。

【0043】又、上記実施形態では、ステップS 6からステップS 20の処理を試行カウンタ $n$ が設定数 $N$ を越えるまで実行するようにしたが、この繰り返し数 $N$ を設定するのではなく、求めたステータ励磁位相に直流電流を流してもロータが回転しなくなるまで実行するようにしてもよい。すなわち、ステップS 11でロータが回転しない場合（もしくはトルクが発生しない場合）には、そのときのステップS 8で求めた励磁位相 $\phi$ が推定磁極位置 $\theta$ となる。

【0044】さらに、上記実施形態では、補正量として求めた $\theta_{amr}$ を不揮発性メモリに記憶するようにしたが、必ずしも不揮発性メモリに記憶する必要はない。不揮発性メモリに記憶しない場合は、この同期電動機を使用とするシステムに電源を投入した際に図5、図6に示す処理を実行し、ステップS 26で求められた補正量 $\theta_{amr}$ を不揮発性メモリの変わりにRAMに記憶するようにすればよい。

【0045】

【発明の効果】本発明は、ロータを大きく回転させることなく、ロータ磁極位置を検出することができるから、同期電動機が機械に取り付けられている状態でもロータ磁極位置の検出ができるので、安全にかつ簡単にロータ磁極位置検出ができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を適用したサーボモータ制御システムのブロック図である。

【図2】図1に示すシステムにおけるディジタルサーボ回路が実行するサーボ制御の機能ブロック図である。

【図3】従来の電流制御器の機能ブロック図である。

【図4】従来のd-q変換を行う電流制御器の機能ブロック図である。

【図5】本発明の一実施形態におけるディジタルサーボ回路のプロセッサが実行する磁極位置検出処理のフローチャートである。

【図6】図5に示すフローチャートの続きである。

【図7】同実施形態における磁極位置検出処理中の電流制御器の機能ブロック図である。

【図8】同実施形態によって求められた補正量に基づいて励磁位相を求め電流制御するd-q変換を行う電流制御器の機能ブロック図である。

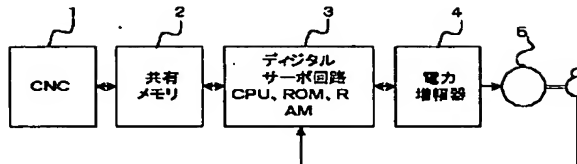
【図9】補正量 $\theta_{amr}$ の求め方及び補正量として使用する際の説明図である。

## 【符号の説明】

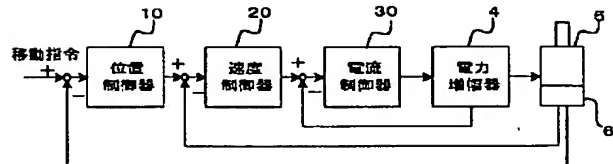
- 5 同期電動機のサーボモータ  
6 エンコーダ (センサ)  
 $\theta_s$  センサで検出されたロータ位置

- $\phi$  励磁位相  
 $\phi$  直流電流の励磁位相  
 $\theta$  推定磁極位置  
 $\varepsilon$  ロータ磁極位置検出時の検出ロータ位置

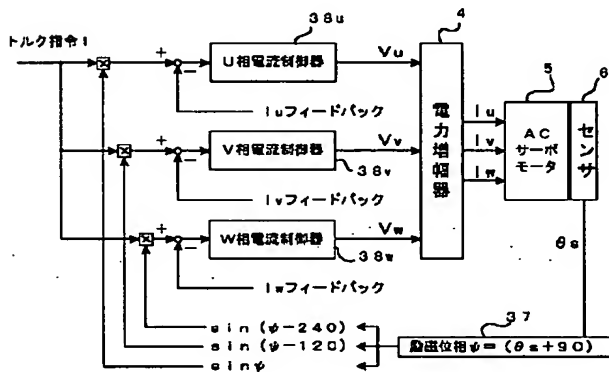
【図 1】



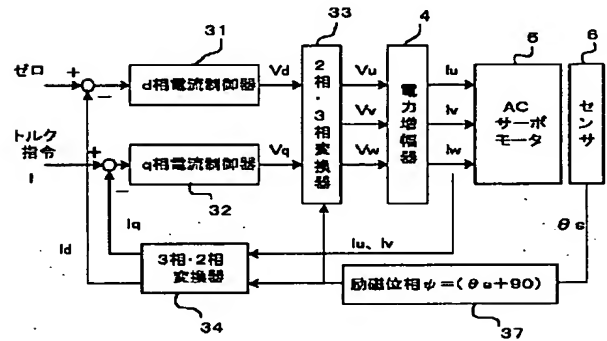
【図 2】



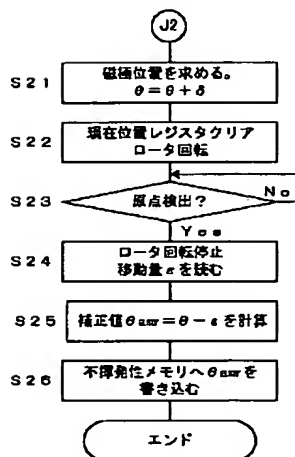
【図 3】



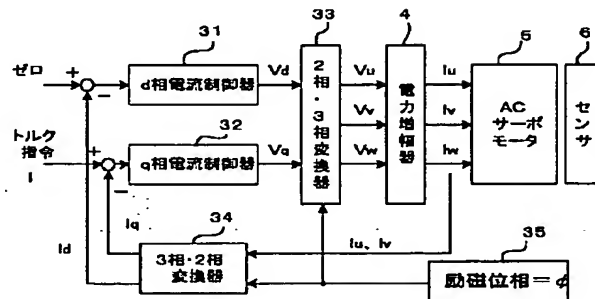
【図 4】



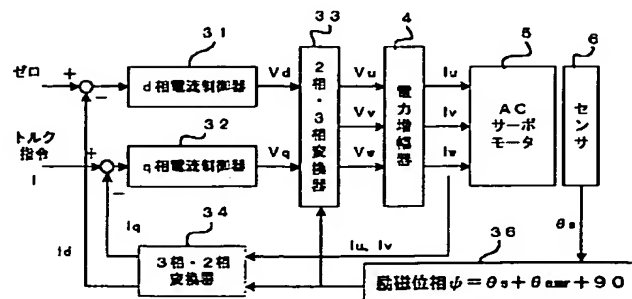
【図 6】



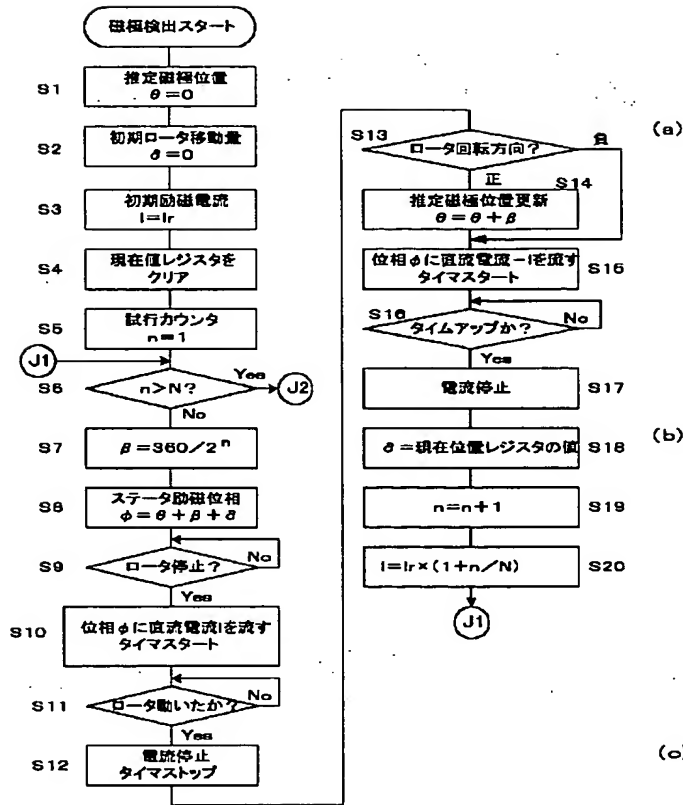
【図 7】



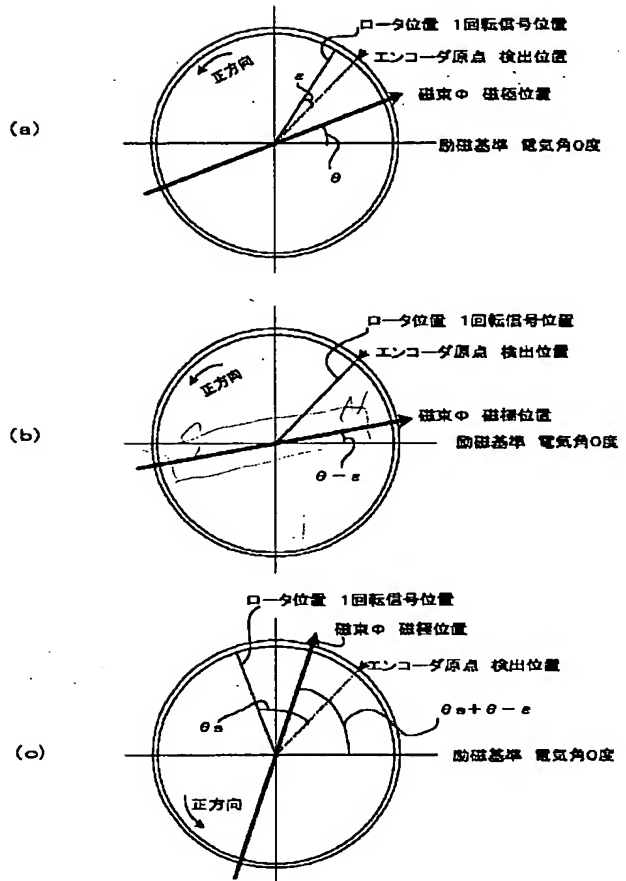
【図 8】



【図 5】



【図 9】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5H560 AA07 BB04 DA07 DC12 EB01  
GG04 TT01 TT11 TT12 TT13  
TT15 XA02 XA04 XA12 XB05